

内蒙古赤峰敖汉旗地区义县组地层划分与对比

刘淼, 陈井胜, 李斌, 李伟, 杨帆

LIU Miao, CHEN Jingsheng, LI Bin, LI Wei, YANG Fan

中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110034

Shenyang Center of Geological Survey, CGS, Shenyang 110034, Liaoning, China

摘要: 内蒙古赤峰敖汉旗地区属于宁城-揭格朗营子火山喷发带北段。通过实测剖面和大比例尺地质调查, 确定敖汉旗地区中生界以火山岩为主的地层为义县组, 并将其进一步划分为4个岩性段: 一段由复成分砾岩和含砾粗砂组成, 二段由酸性流纹质火山岩组成, 三段由一套安山质的火山岩及沉积相的凝灰质砂砾岩等组成, 四段由中性偏碱性的粗面英安质火山岩组成。本区各段火山岩LA-ICP-MS锆石U-Pb测年结果表明, 敖汉旗地区义县组火山活动时限为127.7~121.6Ma。该结果与北部阜新-义县盆地义县组标准剖面年龄可对比。依据岩石组合特征、同位素测年结果, 敖汉地区义县组可以与标准剖面的中部对比, 缺失可与标准剖面上部对比的层位。

关键词: 地层划分; 地层对比; 早白垩世; 义县组; LA-ICP-MS锆石U-Pb测年

中图分类号: P539.2; P597+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2017)10-1691-07

Liu M, Chen J S, Li B, Li W, Yang F. Stratigraphic division and correlation of the Yixian Formation in Aohan area, Chifeng, Inner Mongolia. Geological Bulletin of China, 2017, 36(10):1691-1697

Abstract: The Aohan area of Chifeng belongs to “northern volcanic eruption belt of Ningcheng- Daogelangyingzi”. Regional section measuring and large-scale geological survey has shown that the strata which are composed mainly of volcanic rocks in the Aohan area should be grouped into Yixian Formation, and can be further divided into four lithologic members in the following ascending order: The first member consists of polymictic conglomerate and coarse sandstone gravel; the second member consists of acidic rhyolitic volcanics; the third member consists of a series of andesitic volcanic rocks and sedimentary facies tuff gritstone; and the fourth member consists of trachydacite volcanic rocks with medium to high alkaline features. The LA-ICP-MS zircon U-Pb data of volcanic rocks from each lithologic member in the area indicate that the volcanic activity occurred at 127.7~121.6Ma, and this result can compare with things of the typical section of Yixian Formation in northern Fuxin-Yixian basin. Rock assemblages and isotope dating results show that the strata in Aohan area have similar lower and medium members, but the upper strata are absent, as shown by a correlation with strata of the typical section of Yixian Formation.

Key words: stratigraphic classification; stratigraphic correlation; Early Cretaceous; Yixian Formation; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating

近年来,随着义县组热河生物群珍稀化石的发现,义县组越来越受到地学界的重视,已成为中外学者关注的焦点。义县组火山岩作为中国东部中

生代火山岩的典型代表,已做了许多研究工作,辽西地区义县组火山岩的形成时代、层序、岩石组合特征等问题已得到了基本确定^[1-8]。前人研究认为

收稿日期:2016-12-01;修订日期:2017-03-07

资助项目:中国地质调查局项目《辽宁1:5万台吉、他拉皋、七道岭、十二台营子幅区域地质调查》(编号:DD20160201-05)、《内蒙古敖汉旗大黄花地区矿产地质调查》(编号:12120114055501)和《内蒙古1:5万敖汉旗、揭格朗营子、新地、铁匠营子幅区域地质矿产调查》(编号:12120113053400)

作者简介:刘淼(1989-),男,硕士,工程师,从事地层学研究。E-mail: 1171724956@qq.com

通讯作者:陈井胜(1983-),男,博士,高级工程师,从事岩石学研究。E-mail: 5202268@qq.com

义县组自下而上分为4个岩性段^[7-8]:一段为底砾岩、基性-中性火山岩段;二段为湖相沉积岩段,底部为砂岩泥岩、沉凝灰岩等互层,可见大量动植物化石,上部为中酸性火山岩;三段为基性火山岩段;四段底部为金刚山层砂砾岩,顶部为黄花山层酸性火山角砾岩等。已有的研究多集中在北票-义县^[3-4]、彰武-阜新^[9]、凌源^[10-14]等地区,对赤峰地区义县组尚缺乏系统的研究,因而不能较好地进行更大范围的对比,限制了对辽西地区早白垩世火山岩分布规律的了解。本文研究的敖汉旗地区位于宁城-揭各朗营子火山喷发带北端^[15],笔者近年在完成内蒙古1:5万元宝山煤矿等四幅区域地质调查及内蒙古1:5万元敖汉旗等四幅区域地质矿产调查项目的过程中,通过剖面、路线地质调查及火山岩年代学等工作,对敖汉旗周边的义县组进行系统研究,并根据实际材料对敖汉旗地区义县组岩石地层层序及地质时代展开了详细研究。目的是查明该区义县组的岩石组合、喷发次序和确切的喷发时代,其与辽西义县组的标准剖面^[3,7-8,13,16]进行对比分析。该研究对辽西北部地区地层资料有较好的补充,为辽西地区义县组的对比提供了更丰富的资料。

义县组源于1940年室井渡提出的“义县火山岩类”一词,由顾知微等于1962年在第一届全国地层会议上正式提出^[17]。敖汉地区义县组地层研究较低,1967年下注幅1:20万区域地质矿产调查将研究区的火山岩划分到义县组(J_3y)^①,1970年敖汉旗幅1:20万区域地质矿产调查将研究区的火山岩划归到大兴庄组和吐噜组^②。直到2010年进行1:5万元宝山等四幅区域地质调查^③时通过对研究区火山岩样品的MC-LA-ICPMS 锆石同位素测年得到其年龄为121.8~127.7Ma^[18-19],确定其形成时代为早白垩世,从而将这套火山岩划分到义县组。研究区位于华北板块中段,燕山构造带的东北部,位于宁城-揭各朗营子火山喷发带北段,同时也是中生代濼太平洋构造带的一部分。该地区义县组整体产状倾向南东,角度不整合覆盖于古元古界宝音图岩群、上石炭统酒局子组、上侏罗统张家口组之上。本文研究对象为敖汉旗地区二十家子盆地和铁匠营子盆地义县组,义县组出露面积较零散,地层出露不完整,岩石风化剥蚀较严重。通过不同位置的4条剖面代表敖汉旗地区义县组的地层特征(图1),将敖汉旗地区义县组从岩石学角度划分为4个岩性段。

1 区内义县组典型剖面及地层划分

1.1 义县组典型剖面介绍

1.1.1 马厂-大一家义县组实测剖面(PM114)

剖面位于研究区南部马厂乡北山,剖面起点坐标:北纬42°5'9"、东经119°40'34";终点坐标:北纬42°9'53"、东经119°33'17",剖面总体方向309°。剖面沿冲沟底部开始测制,岩石出露良好。主要控制义县组一段和二段地层,未见底,顶部被孙家湾组角度不整合覆盖。控制义县组一段厚度大于515.91m,控制义县组二段厚度大于755.65m(图2)。

义县组

上覆地层:上白垩统孙家湾组(K_{3sj})灰色中厚层粗砾复成分砾岩

~~~~~ 角度不整合 ~~~~~	
义县组二段( $K_1y^2$ )	>755.65m
25.流纹质熔结角砾凝灰岩	78.73m
24.流纹质熔结晶屑凝灰岩	199.60m
————— 侵入接触 —————	
23.灰黑色黑曜岩	
————— 侵入接触 —————	
22.灰紫色流纹质熔结晶屑凝灰岩	91.31m
————— 侵入接触 —————	
21.灰黑色黑曜岩	
————— 侵入接触 —————	
20.灰紫色流纹质熔结晶屑凝灰岩	212.00m
19.灰白色流纹质晶屑凝灰岩	174.01m
————— 整合 —————	
义县组一段( $K_1y^1$ )	515.91m
18.浅灰色-灰紫色巨厚层粗砾复成分砾岩和灰紫色中厚层含中砾细砂岩互层	38.29m
17.浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩	6.55m
16.中厚层中砾复成分砾岩和灰紫色薄层含中砾细砂岩互层	8.90m
15.浅灰色-灰紫色中厚层中粗砾复成分砾岩	163.56m
14.浅灰色-灰紫色巨厚层中砾复成分砾岩和灰紫色厚层含细砾细砂岩互层产出	9.50m
13.浅灰色-灰紫色中厚层中砾复成分砾岩	87.37m
12.灰紫色薄层砂砾岩	6.47m
11.灰紫色巨厚层复成分巨砾岩	7.55m
10.灰紫色薄层含砾细砂岩	6.47m
9.浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩	56.8m
8.灰紫色薄层含粗砾细砂岩	2.97m
7.浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩	3.03m
6.灰紫色薄层含砾细砂岩	1.82m

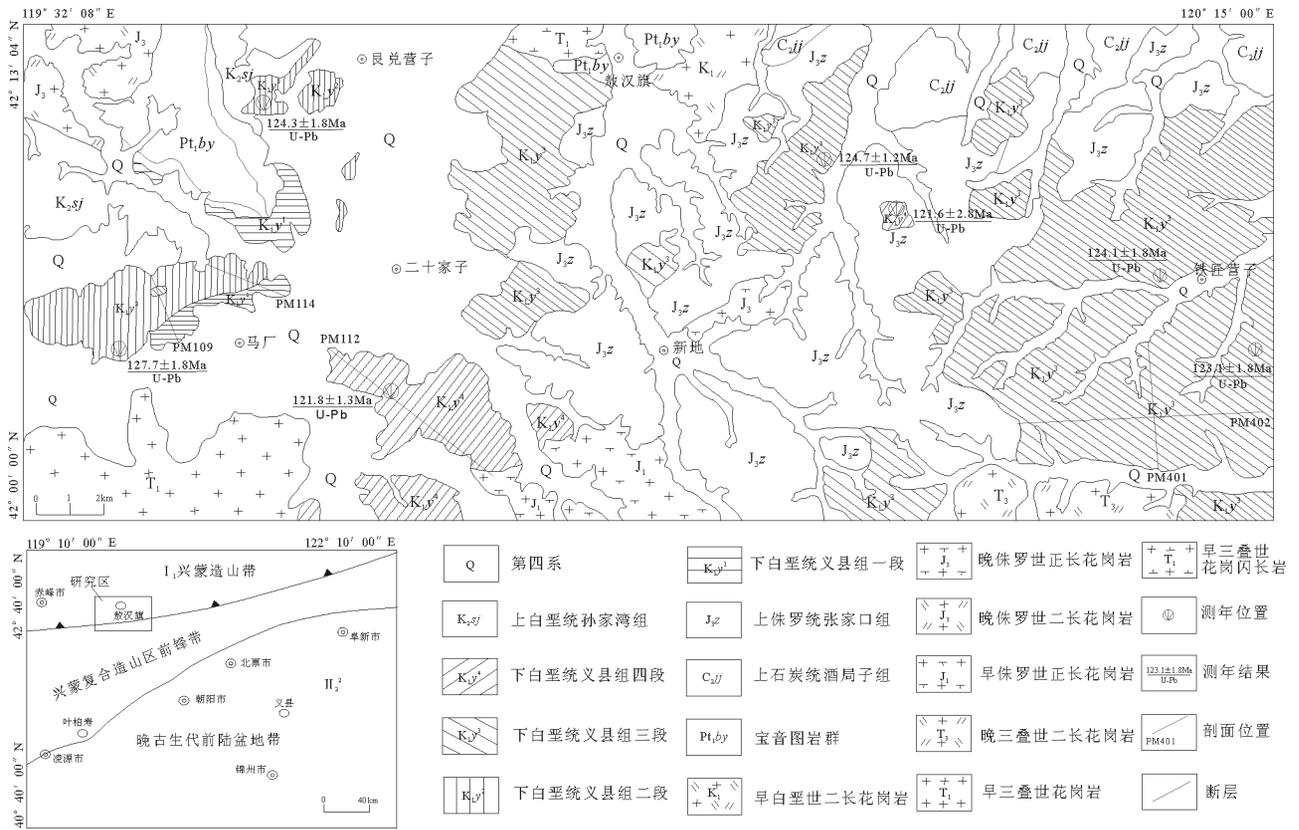


图 1 敖汉旗地区地质简图  
Fig. 1 Geological sketch map of Aohan area

- 5. 浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩 1.21m
- 4. 灰紫色薄层含砾细砂岩 0.61m
- 3. 浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩 4.85m
- 2. 灰紫色薄层砂砾岩 1.82m
- 1. 浅灰色-灰紫色中厚层粗砾复成分砾岩 108.14m (未见底)

1.1.2 敖汉旗王杖子-咕噜营子义县组实测剖面 (PM401)

剖面位于敖汉旗王杖子-咕噜营子, 剖面起点坐标: 北纬 42°3'49"、东经 120°9'15", 终点坐标: 北纬 42°1'34"、东经 120°9'52", 剖面总体方向 353°。剖面沿冲沟底部开始测制, 岩石出露良好。主要控制义

- 县组三段地层, 底部角度不整合覆盖于晚二叠世正长花岗岩之上, 未见顶。控制厚度为 407.3m (图 3)。(未见顶)
- 义县组三段 (K_{1y}³) 407.30m
- 9. 灰紫色安山质集块角砾岩 0.5m
- 8. 浅灰绿色安山岩 78.80m
- 7. 灰紫色安山质集块角砾岩 33.00m
- 6. 浅灰紫色安山岩 116.70m
- 5. 灰紫色安山质火山角砾岩 27.50m
- 4. 灰紫色安山岩 47.90m
- 3. 灰紫色火山角砾岩 41.60m
- 2. 浅灰紫色安山岩 15.50m
- 1. 灰色火山角砾岩 45.80m

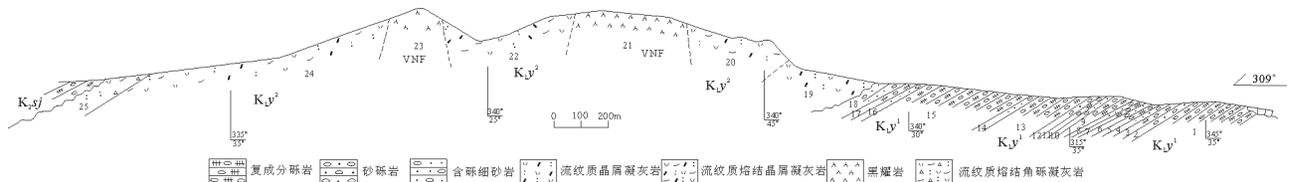


图 2 马厂-大一家义县组剖面 (PM114)  
Fig. 2 Machang-Dayijia section of the Lower Cretaceous Yixian Formation (PM114)

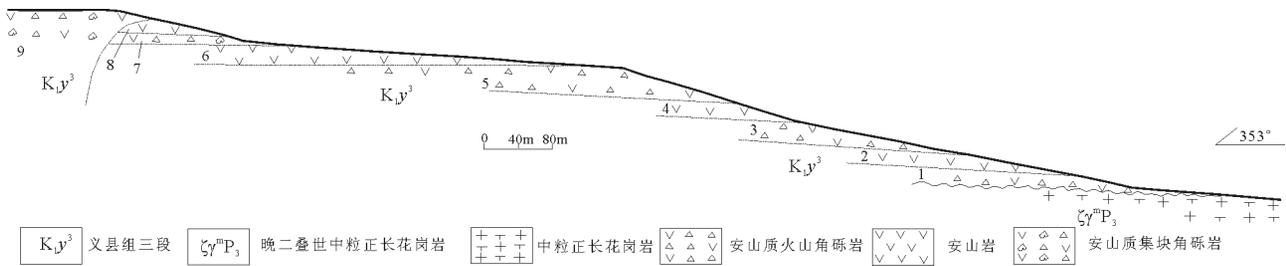


图3 王杖子-咕噜营子义县组剖面(PM401)

Fig. 3 Wangzhangzi-Guloyingzi section of the Lower Cretaceous Yixian Formation (PM401)

~~~~~ 不整合 ~~~~~  
 晚二叠世中粒正长花岗岩

1.1.3 敖包山-小康家窝铺义县组实测剖面 (PM112)

剖面位于研究区建平县马厂乡小康家窝铺东部,剖面起点坐标:北纬42°2'30"、东经119°45'56",终点坐标:北纬42°4'13"、东经119°42'13",剖面总体方向322°。剖面沿山坡开始测制,岩石出露良好。主要控制义县组四段地层,未见顶底,控制厚度为850.95m(图4)。

(未见顶)

| | |
|--------------------------------------|---------|
| 义县组四段(K <sub>1y</sub> <sup>4</sup>) | 850.95m |
| 15.粗面斑岩 | |
| ————— 侵入接触 ————— | |
| 14.粗面质凝灰岩 | 23.78m |
| 13.粗面英安岩 | 82.83m |
| 12.粗面英安质集块岩 | 4.68m |
| 11.粗面英安岩 | 593.92m |
| 10.粗面英安质凝灰岩 | 14.35m |
| 9.粗面英安质角砾熔岩 | 2.85m |
| 8.粗面英安岩 | 128.54m |
| ————— 侵入接触 ————— | |
| 7.粗面英安玢岩 | |
| ————— 侵入接触 ————— | |
| 6.粗面英安岩 | 99.56m |

| | |
|-------------|---------|
| 5.粗面英安质凝灰岩 | 146.12m |
| 4.气孔状粗面英安岩 | 281.86m |
| 3.粗面英安质角砾熔岩 | 22.74m |
| 2.气孔状粗面英安岩 | 86.34m |
| 1.粗面英安质角砾熔岩 | 1.67m |
| (未见底) | |

1.2 义县组划分及岩性特征

笔者根据敖汉旗地区义县组的岩性组合、岩石产出特征及不同岩石组合的上、下接触关系,结合火山活动旋回规律,将敖汉旗地区义县组自上而下划分为4个段级岩石地层单元(图1)。

(1)岩性段 I (义县组一段):岩性为单一的底砾岩相复成分砾岩,复成分砾岩整体呈砖红色。砾石成分多样,可见大理岩、花岗岩及安山质火山岩等,砾石磨圆一般,多为次圆-次棱角状,含量在60%~80%之间。砂质胶结,单层厚度较大。直径大小不等,最大可达1m以上,表现出一套堆积快速沉积的岩石组合。

(2)岩性段 II (义县组二段):该岩性段充分表现出层状火山岩的特征。通过火山活动由强到弱可分为4个喷发旋回。第一旋回:流纹质岩浆上拱爆发,形成一套爆发相的流纹质凝灰岩、火山角砾岩等;第二旋回:流纹质岩浆喷溢,形成溢流相的流纹岩;第三旋回:流纹质岩浆强烈爆发,形成大面积

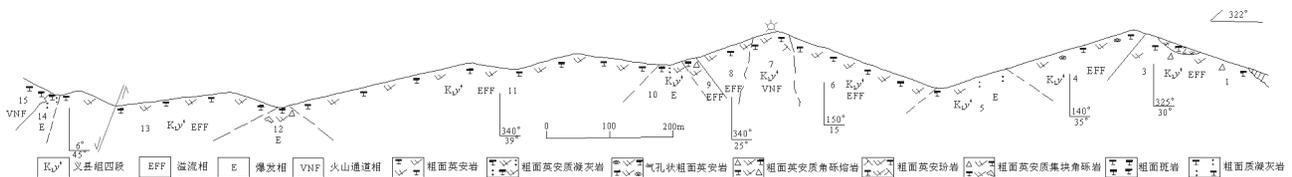


图4 敖包山北-小康家窝铺东义县组剖面(PM112)

Fig. 4 Aobaoshan-Xiaokangjiawopu section of the Lower Cretaceous Yixian Formation (PM112)

火山碎屑流相的流纹质熔结角砾凝灰岩、熔结晶屑凝灰岩等;第四旋回:火山活动强度渐弱,火山作用进入相对宁静阶段,酸性岩浆在主火山口及位于火山机构西部的断裂构造侵入就位,形成次火山岩相的黑曜岩。

(3)岩性段Ⅲ(义县组三段):主要为一套安山质火山岩及沉积相的凝灰质砂砾岩等组成。底部为凝灰质砂砾岩,厚度较小,层理不发育,砾石成分以流纹质晶屑凝灰岩为主,分选、磨圆一般。顶部以安山岩为主,中间夹爆发相的安山质晶屑凝灰岩、安山质火山角砾岩等。

(4)岩性段Ⅳ(义县组四段):以中性偏碱性火山岩为主,从早到晚可将火山活动分为3个旋回。第一旋回:粗面英安质岩浆上拱爆发,形成粗面英安质凝灰岩及粗面英安岩;第二旋回:粗面英安质岩浆侵入,形成次火山岩相粗面英安玢岩;第三旋回:偏碱中性岩浆爆发-侵入,形成粗安质凝灰岩及次火山岩相粗安斑岩。

2 区域地层与年代学对比

义县组的层型标准剖面及有代表性的剖面多分布于阜新-义县盆地,该盆地是义县组火山活动喷发产物发育最全的盆地,又是研究程度最高的盆地。本次选出有代表性的马神庙-宋八户层型剖面<sup>[9]</sup>进行对比研究,从岩石组合特征和年代学特征看,二者具有可对比性(图5)。

(1)敖汉旗地区义县组一段的复成分砾岩及二段的流纹质火山岩与标准剖面较难对比,标准剖面存在6个沉积层,由于本次工作没有对义县组一段进行碎屑锆石等测试,不能进行年龄对比,很难确定与哪个沉积层对比。标准剖面不存在大面积的酸性火山岩,义县组二段的流纹质火山岩仅根据年龄进行对比也不具有较强的说服力,但是凌源地区的义县组大新房子层化石和年代学特征基本确定可与标准剖面的砖城子层对比。凌源地区义县组大新房子层之上存在一套流纹质中酸性火山岩<sup>[21]</sup>,孟凡雪等<sup>[11]</sup>对凌源地区义县组大新房子层的流纹岩进行U-Pb年代学研究,结果为 $124.4\pm 1.4\text{Ma}$ 。张宏等<sup>[10]</sup>对凌源地区大新房子层进行U-Pb同位素测年,得出其形成年龄为125~122Ma。郑月娟等<sup>[22]</sup>认为,凌源地区义县组的大新房子层与辽西-北票义县地区的义县组砖城子组有很强的对比性。综合得出,

凌源地区的大新房子层相当于北票-义县地区的砖山子层。沈阳地质调查中心在进行“内蒙古1:5万元宝山煤矿等四幅区调”时,对敖汉旗地区义县组的2处流纹岩进行U-Pb同位素测年,得到的结果分别为 $127.7\pm 1.8\text{Ma}$ 和 $124.3\pm 1.8\text{Ma}$ <sup>[9]</sup>。由此认为,敖汉旗地区义县组一段复成分砾岩及二段流纹岩质火山岩层相当于凌源地区的大新房子层。进一步证明,敖汉旗地区义县组一段复成分砾岩及二段流纹岩质火山岩层与标准剖面的砖城子层可进行对比。

(2)敖汉旗地区义县组三段可与标准剖面的大康堡层及其上下的火山岩层进行对比,大康堡层目前发现有鸟类、禽龙、翼手龙、潜龙、叶肢介、昆虫、辽宁洞虾、植物、木化石等<sup>[23]</sup>。在敖汉旗地区义县组三段的沉积夹层中可见叶肢介化石。大康堡层上下的火山岩层与敖汉旗地区义县组三段的岩性均以中性-中基性火山岩为主。区别在于阜新-义县盆地中出现大量次火山岩,但研究区内多以爆发相和溢流相为主。在测区的义县组三段采集安山岩样品进行U-Pb同位素测年,得到的结果为 $124.7\pm 1.2\text{Ma}$ 、 $124.1\pm 1.8\text{Ma}$ 、 $123.1\pm 1.8\text{Ma}$,在收集到的大康堡层上下的火山岩层位测年结果为 $125.3\sim 122.4\text{Ma}$ <sup>[10]</sup>。

(3)敖汉旗地区义县组四段与标准剖面的金刚山层下部的火山岩层进行对比。王五力等<sup>[23]</sup>在进行义县组地层层序划分时认为,金刚山层底部或下部存在酸性火山岩层和火山碎屑岩层,这套火山岩层实为义县旋回晚期安山岩系之上的又一次火山活动。本区的义县组四段主要岩性为粗面英安岩质火山岩,本次研究对区内的粗面英安岩进行U-Pb同位素测年,得出的结果为 $121.8\pm 1.3\text{Ma}$ 和 $121.6\pm 2.8\text{Ma}$ 。收集到金刚山层之下的安山岩测年结果为 122.4Ma ,金刚山层上部的黄花山层的测年结果为 $118.9\pm 1.4\text{Ma}$ 和 $119.8\pm 1.4\text{Ma}$ <sup>[11]</sup>。本次研究区的英安岩测年结果处于122.4~118.9Ma之间,可进一步说明,本区的义县组四段粗面英安质火山岩与王五力等提出的金刚山层底部的酸性火山岩可对比<sup>[23]</sup>。

综上所述,敖汉旗地区的义县组和阜新-义县盆地的义县组具有明显的可对比性,但也存在着一定的南北差异。①从岩性看,研究区火山岩由下至上为一套酸性-中性-酸性的岩石组合。阜新-义县盆地的义县组多为基性-中基性岩石组合;②从

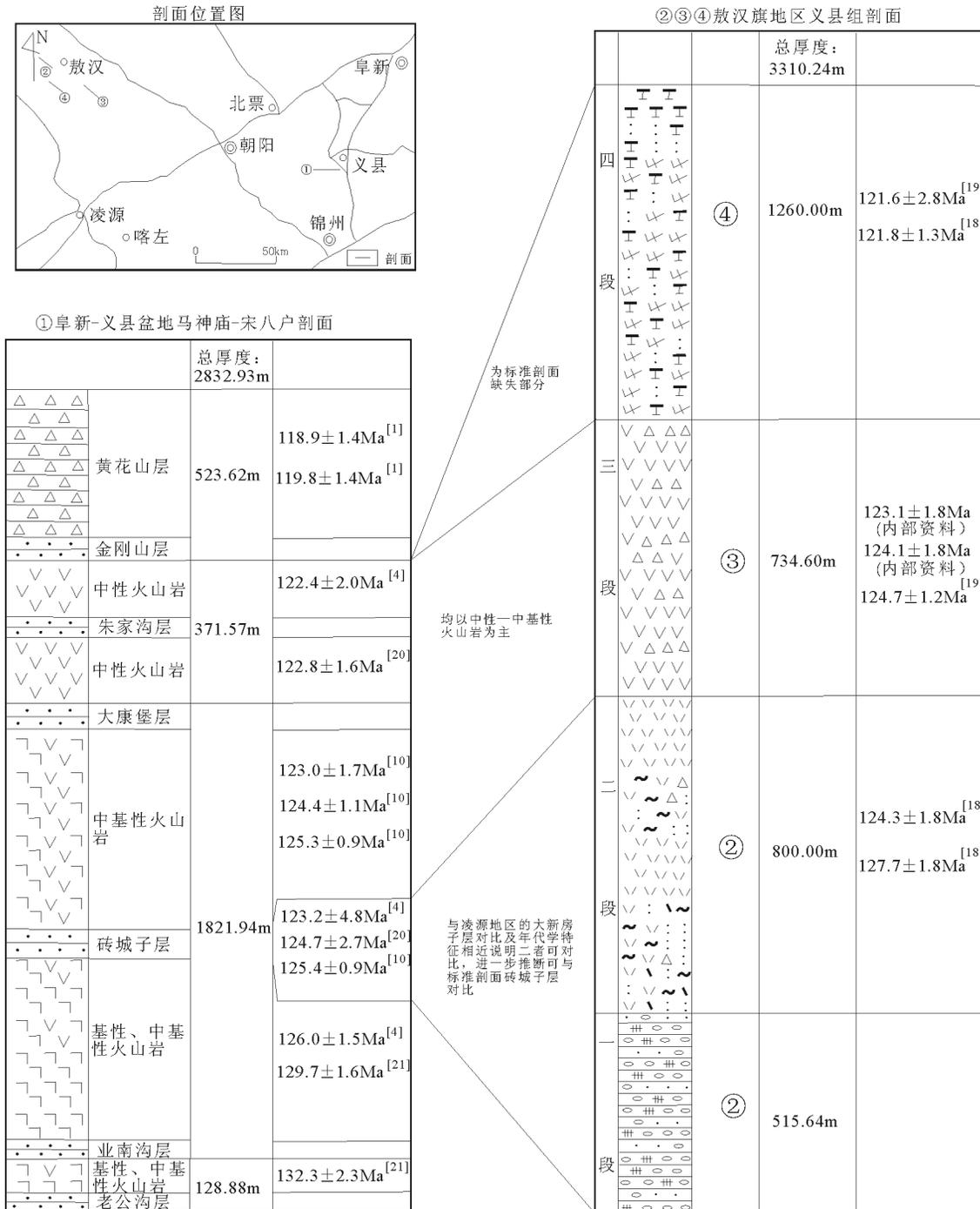


图5 敖汉旗剖面与马神庙-宋八户剖面义县组对比
Fig. 5 Stratigraphic correlation of Yixian Formation between Aohan Banner section and Mashenmiao-Songbahu section

地层的发育程度看,阜新-义县盆地出露更完整,火山岩厚度更大,火山活动也更剧烈;③从化石的发育程度看,阜新-义县盆地存在6个沉积层,且6个层位均产大量珍稀化石。而敖汉旗地区的义县组

很少见到沉积夹层,更少见到化石。这些南北差异都是由于构造活动区的位置不同引起的。区域内的构造活动中心更靠近阜新-义县盆地,因此阜新-义县盆地内断裂切穿的比较深,进一步说明其基性

岩浆的比例较大。

根据前人报道的义县及其临区义县组火山岩同位素年代学数据,结合本次测试的7个锆石U-Pb同位素年龄可以看出,敖汉旗地区的义县组火山活动整体时限与阜新-义县盆地义县组一致,均在136~118Ma之间。

3 结 论

(1)敖汉旗地区义县组岩石组合以酸性、中基性火山岩、火山碎屑岩为主,局部夹少量沉积岩,底部角度不整合覆盖于古元古界宝音图岩群之上。该区义县组可划分为4个岩性段:一段主要由复成分砾岩组成,二段为一套酸性的流纹质火山岩,三段为中基性的安山质火山岩,四段为中性偏碱性的粗面英安质火山岩。

(2)敖汉旗地区义县组火山岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄测定显示,义县组二段的流纹岩年龄为 $127.7 \pm 1.8\text{Ma}$ 和 $124.3 \pm 1.8\text{Ma}$,三段的安山岩年龄为 $124.7 \pm 1.2\text{Ma}$ 、 $124.1 \pm 1.8\text{Ma}$ 、 $123.1 \pm 1.8\text{Ma}$,四段的英安岩年龄为 $121.8 \pm 1.3\text{Ma}$ 和 $121.6 \pm 2.8\text{Ma}$ 。整体上敖汉旗地区义县组火山活动时限为127.7~121.6Ma。

(3)敖汉旗地区义县组可与层型剖面(阜新-义县盆地马神庙-宋八户剖面)的中部对比,缺失可与标准剖面义县组下部层位老公沟层、业南沟层及上部层位金刚山层和黄花山层的对比层位,显示出义县组火山活动在区域上的南北差异。

参考文献

[1]张宏,柳小明,陈文,等.辽西北票-义县地区义县组顶部层位的年龄及其意义[J].中国地质,2005,32(4):596-603.
 [2]Swisher III C C,汪筱林,周忠和,等.义县组同位素年代新证据及土城子组 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定[J].科学通报,2001,46(23):2009-2012.
 [3]彭艳东,张立东,陈文,等.辽西义县组火山岩的K-Ar、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法同位素年龄测定[J].地球化学,2003,32(5):427-435.
 [4]季强,陈文,王五力.中国辽西中生代热河生物群[M].北京:地质出版社,2004:1-375.
 [5]王松山,胡光光,李佩贤.辽西义县组的地质时代[J].矿物岩石地球化学通报,2001,20(4):289-290.
 [6]邵济安,张宏福,柳小明,等.华北北缘早中生代岩浆底侵作用的年代学记录:来自辽西晚中生代安山岩锆石U-Pb定年结果[J].自然科学进展,2007,17(5):609-613.

[7]邢德和,孙春林,张立东,等.辽西北票地区义县组地层划分与对比[J].吉林大学学报:地球科学版,2004,34(3):326-332.
 [8]王五力,张宏,张立君,等.辽宁义县-北票地区义县组地层层序①——义县阶标准地层剖面建立和研究之一[J].地层学杂志,2003,27(3):227-232.
 [9]徐德斌,李宝芳,常征路,等.辽西阜新-彰武-黑山区白垩系火山岩U-Pb同位素年龄、层序和找煤研究[J].地学前缘,2012,19(6):155-166.
 [10]张宏,柳小明,袁洪林,等.辽西凌源地区义县组下部层位的U-Pb测年及意义[J].地质评论,2006,52(1):63-71.
 [11]孟凡雪,高山,柳小明.辽西凌源地区义县组火山岩锆石U-Pb年代学和地球化学特征[J].地质通报,2008,27(3):364-373.
 [12]郑月娟,李永飞,郜晓勇,等.辽西建昌盆地义县组上部英安岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J].地质与资源,2011,20(3):168-172.
 [13]冯光英,刘燊,钟宏,等.辽西建昌碱性粗面岩的年代学及岩石成因研究[J].矿物学报,2011,31(3):380-390.
 [14]韦忠良,张宏,郭文敏,等.LA-ICP-MS锆石U-Pb测年对辽西-冀北地区晚中生代区域性角度不整合时代的约束[J].自然科学进展,2008,18(10):1119-1127.
 [15]彭艳东,黄菲,邢德和,等.辽西建平县义县组火山岩形成构造环境的地球化学鉴别[J].东北大学学报(自然科学版),2013,34(7):1012-1016.
 [16]邢德和,陈树旺,张立东,等.四合屯-义县地区义县组火山活动的旋回性特征[J].地质与资源,2003,12(4):193-201.
 [17]杨欣德,李星云,孙敬书,等.辽宁省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1987:124-127.
 [18]陈井胜,李威威,刘森,等.辽西建平马场义县组火山岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2015,45(2):471-482.
 [19]陈井胜,刘森,李斌,等.奈林沟金矿床的成矿时代——内蒙古敖汉旗铁匠营子火山岩锆石U-Pb年代学的制约[J].黄金,2015,36(9):12-18.
 [20]杨蔚.辽西中生代火山岩年代学及地球化学研究:对华北克拉通岩石圈减薄机制的制约:博士学位论文[D].中国科学技术大学,2007.
 [21]蔡厚安,徐德斌,李宝芳,等.辽西早白垩世火山岩喷发期次及同位素年代学研究[J].中国煤炭地质,2010,22(12):1-6.
 [22]郑月娟,陈树旺,丁秋红,等.辽西义县组与冀北大店子组、西瓜园组的对比[J].地质与资源,2011,20(1):21-26.
 [23]王五力,张宏,张立君.土城子阶义县阶标准剖面及其他地层古生物、构造-火山作用[M].北京:地质出版社,2004:1-514.
 ①内蒙古地质局第二区域地质测量队.1:20万下洼幅区域地质矿产报告.1967.
 ②辽宁地质局第二区域地质测量队二分队.1:20万敖汉旗幅区域地质矿产报告.1970.
 ③中国地质调查局沈阳地质调查中心.1:5万元宝山煤矿等四幅区域地质调查报告.2012.